

Ser. 10/511,720

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-210959

(43)Date of publication of application : 03.08.2001

(51)Int.Cl.

H05K 3/46

H01L 23/12

(21)Application number : 2000-018167

(71)Applicant : OTSUKA KANJI

USAMI TAMOTSU

SANYO ELECTRIC CO LTD

OKI ELECTRIC IND CO LTD

SHARP CORP

SONY CORP

TOSHIBA CORP

NEC CORP

HITACHI LTD

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

MITSUBISHI ELECTRIC CORP

FUJITSU LTD

ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 27.01.2000

(72)Inventor : OTSUKA KANJI

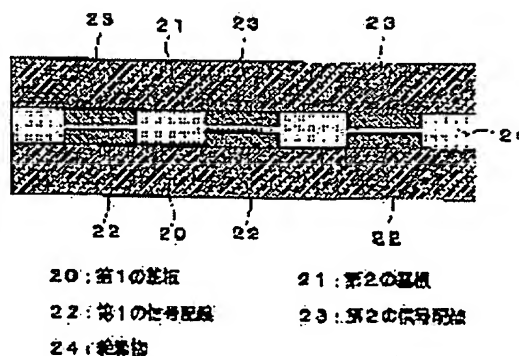
USAMI TAMOTSU

## (54) WIRING BOARD AND PRODUCING METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To transmit the high-frequency digital signal of a GHz band by preventing attenuation of the high-frequency signal by minimizing resistance increase caused by a surface effect generated in a signal wiring system.

SOLUTION: Two substrates 20 and 21, formed with signal wiring 22 and 23, are fixed via an insulator 24 so that the signal wiring 22 and 23 can face in parallel. The confronted surfaces of the signal wiring 22 and 23 are smoothed, and ruggedness on the surface is made smaller than surface thickness  $\delta_s$  based on the surface effect, preferably is set  $\leq 1/3$ , so that the resistance increase caused by the surface effect is minimized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3675688

[Date of registration] 13.05.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-210959

(P2001-210959A)

(43) 公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-リ-ト* (参考)
H 0 5 K 3/46		H 0 5 K 3/46	Z 5 E 3 4 6
			N
			Q
			T
H 0 1 L 23/12		H 0 1 L 23/12	3 0 1 Z
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 20 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-18167(P2000-18167)

(22) 出願日 平成12年1月27日(2000.1.27)

(71) 出願人 598042633

大塚 寛治

東京都東大和市湖畔2-1074-38

(71) 出願人 598168807

宇佐美 保

東京都国分寺市西町2-38-4

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(74) 代理人 100107906

弁理士 須藤 克彦

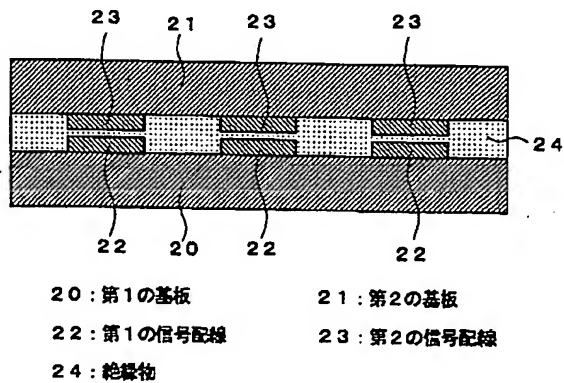
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配線基板及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 信号配線系に生じる表皮効果による抵抗増大を最小限にして高周波信号の減衰を防止し、GHz帯の高周波デジタル信号の伝送を可能とする。

【解決手段】 信号配線22、23が形成された2枚の基板20、21を信号配線22、23が平行に対向するように絶縁物24を介して固定する。信号配線22、23の対向面は、平滑化されており、その表面の凹凸は表皮効果による表皮厚み $\delta$ に比して小さく、望ましくは1/3以下とすることにより、表皮効果による抵抗増大を最小にした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の基板の一主面上に形成された1以上の第1の信号配線と、第2の基板の一主面上に形成された1以上の第2の信号配線と、前記第1の基板の一主面と前記第2の基板の一主面との間に介在された絶縁物とを有し、

前記第1及び第2の信号配線とを互に対向して平行に配置することにより信号配線ペアを成すようにしたことを特徴とする配線基板。

【請求項2】 請求項1に記載の配線基板であって、前記第1及び第2の信号配線の対向面の表面の凹凸は、前記信号配線ペア上に高周波信号が供給された状態で発生する表皮効果による表皮厚みより小なることを特徴とする配線基板。

【請求項3】 請求項1、2に記載の配線基板であって、前記2対以上の信号配線ペアが互いに隣接して形成されている場合において、

前記第1及び第2の信号配線の間隔を $t$ 、前記第1及び第2の配線の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペアの間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置されていることを特徴とする配線基板。

【請求項4】 請求項3に記載の配線基板であって、前記信号配線ペアは $20\Omega$ 以下の特性インピーダンスを有することを特徴とする配線基板。

【請求項5】 請求項1に記載の配線基板であって、前記絶縁物は、前記第1及び第2の基板間の全体に充填されていることを特徴とする配線基板。

【請求項6】 請求項1に記載の配線基板であって、前記絶縁物は、隣接する信号配線ペア間に充填されるとともに、前記第1及び第2の信号配線と前記絶縁物とによって囲まれた領域には、気体が封入されていることを特徴とする配線基板。

【請求項7】 請求項1に記載の配線基板であって、前記絶縁物は、隣接する信号配線ペア間であって、前記信号配線ペアの端から離れた位置に部分的に配置されており、前記第1及び第2の信号配線と前記絶縁物とによって囲まれた領域には、気体が封入されていることを特徴とする配線基板。

【請求項8】 請求項1に記載の配線基板であって、前記絶縁物は、前記第1及び第2の信号配線を含む第1及び第2の基板上にコーティング層として形成され、このコーティング層が第1及び第2の信号配線上で接合され、かつ隣接する信号配線ペア間には気体が封入されていることを特徴とする配線基板。

【請求項9】 請求項6、7、8に記載の配線基板であって、前記気体は、非分極性の気体であることを特徴とする配線基板。

【請求項10】 絶縁層を介して積層された複数の基板と、前記各基板上に形成された第1の信号配線と第2の信号配線が互に対向して平行に配置され、多層の信号

配線ペアを成しており、各層の信号配線ペア間の接続は、前記各基板を貫通して形成された埋め込みビア、あるいは前記各基板及び前記各層の基板支持体を貫通して形成された埋め込みビアを介してなされることを特徴とする配線基板。

【請求項11】 請求項10に記載の配線基板において、前記積層された複数の基板中、最上層の基板上には接続パッド層が形成され、この接続パッド層は、前記各基板を貫通して形成された埋め込みビア、あるいは前記各基板及び前記各層の絶縁層を貫通して形成された埋め込みビアを介して、前記各層のいずれかの信号配線ペアと接続がなされており、前記接続パッドを介して前記最上層の基板上に電子部品が搭載されていることを特徴とする配線基板。

【請求項12】 請求項10、11に記載の配線基板において、前記埋め込みビアは、前記第1の信号配線、第2の信号配線から導出されたビアランド上に形成されることを特徴とする配線基板。

【請求項13】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12に記載の配線基板であって、前記第1及び第2の信号配線に相補信号を供給するドライバ回路を有する第1の集積回路チップと、前記第1及び第2の信号配線を伝送される相補信号を受信するレシーバ回路を有する第2の集積回路チップが搭載されていることを特徴とする配線基板。

【請求項14】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12に記載の配線基板であって、前記絶縁物は、エポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、ベンゾサイクロブチーン(BCB)、又はフッ素系樹脂から成ることを特徴とする配線基板。

【請求項15】 第1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、

前記第1及び第2の信号配線の表面を除き、前記第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、

前記第1及び第2の基板上の全面に絶縁物を形成する工程、

前記第1及び第2の基板を前記絶縁物を介して接合する工程、とを有し、前記第1及び第2の信号配線が互に対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項16】 請求項15に記載の配線基板の製造方法において、各工程中、少なくとも前記第1及び第2の基板を前記絶縁物を介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項17】 請求項15、16に記載の配線基板の製造方法において、前記絶縁物は、エポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、ベンゾサイクロブチー

ン(BCB)、又はフッ素系樹脂から成ることを特徴とする配線基板。

【請求項18】 請求項15、16に記載の配線基板の製造方法において、前記絶縁物は、熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂から成ることを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項19】 第1及び第2の基板の一主面上に感光性ドライフィルムを接合する工程、  
この感光性ドライフィルムをパターンングし、前記第1及び第2の基板上であって第1及び第2の信号配線を形成する予定領域に第1及び第2の開口部を形成する工程、

無電解メッキによって前記第1及び第2の開口部に第1及び第2の信号配線を形成する工程、  
前記第1及び第2の基板を前記第1及び第2の信号配線の間に充填された感光性ドライフィルムを介して接合する工程、とを有し、前記第1及び第2の信号配線が互いに対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項20】 請求項19に記載の配線基板の製造方法において、各工程中、少なくとも前記第1及び第2の基板を前記第1及び第2の信号配線の間に充填された感光性ドライフィルムを介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項21】 第1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、  
第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、

前記第1及び第2の信号配線の表面を除き、前記第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、

前記第1及び第2の基板上であって、前記第1及び第2の信号配線の間に部分的に絶縁物からなるコラムを形成する工程、

前記第1及び第2の基板を前記コラムを介して接合する工程、とを有し、前記第1及び第2の信号配線が互いに対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項22】 請求項21に記載の配線基板の製造方法において、各工程中、少なくとも前記第1及び第2の基板を前記コラムを介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項23】 第1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、

第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、

前記第1及び第2の信号配線の表面を除き、前記第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、

前記第1及び第2の信号配線を含む前記第1及び第2の

基板上に有機物を蒸着して成るコーティング層を形成する工程と、

前記第1及び第2の基板を前記コーティング層を介して接合する工程、とを有し、前記第1及び第2の信号配線が互いに対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項24】 請求項23に記載の配線基板の製造方法において、各工程中、少なくとも前記第1及び第2の基板を前記コーティング層を介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うことを特徴とする配線基板の製造方法。

【請求項25】 請求項16、20、22、24に記載の配線基板の製造方法において、前記非分極性の気体は、ヘリウム、アルゴン、メタン、エタン、又は少なくとも水分が除去された空気であることを特徴とする配線基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波デジタル信号を伝送するために適した信号配線を有する配線基板及びその製造方法に関する。特に、CPU、メインメモリ等を有するデジタルシステムにおいて、高周波デジタル信号の伝送を高速化することを可能にした特定の信号配線構造を有する配線基板及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】デジタルシステムにおいては、デジタル信号、すなわちパルス信号が用いられる。このパルス信号は、正弦波による周波数で考えると高調波を含んでいる。たとえば、200MHzのパルス信号では3倍正弦波高調波のエネルギーを約30%前後、5倍正弦波高調波のエネルギーを10%前後含んでいる。したがって、200MHzのパルス周波数では正弦波1GHzの周波数を考えた伝送線路設計を行う必要がある。

【0003】このような高周波の伝送線路設計について、本発明者が検討したデジタルシステムの一例として、集積回路チップが搭載された配線基板を図12に示す。配線基板1には、CPU2とメインメモリ3が搭載されている。CPU2とメインメモリ3の間は、デジタル信号を伝送するために、ビット数に応じた多数の信号配線4によって接続されている。

【0004】近年のCPU2の高速化は目覚ましく、400MHz～733MHzの動作周波数を有するものが開発されている。しかしながら、現在、このようなプリント配線板上で許容されるデジタル信号周波数は133～200MHzである。そのため、CPU2から伝送されるデジタル信号周波数に信号配線4が追従できず、たとえばメインメモリ3にデータが入らないという問題が生じる。

【0005】したがって、上記の例では、デジタル信

号周波数を正弦波による周波数成分で考えると2GHz～3GHzの伝送線路を開発しなければならない。すなわち、デジタルシステムにおいて、プリント配線板は、GHz帯域に対応できる伝送線路設計をしなければならない時代が来たといってもよい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、デジタルシステムはRF (Radio Frequency) システムに比べ、たとえば64ビット以上という多くの信号が平行して走る。そのため、高周波のデジタルシステムは、RFシ

10 テムより難しい問題を含んでいる。  
【0007】さて、高周波デジタル信号のGHz帯域での設計で最も難しい問題は、以下の3点がある。第1は、平行に走っている数多くのビット配線の特性インピーダンスを一定にするという難しさである。隣接の干渉で特性インピーダンスが変化するため、隣接干渉がほとんどない条件にしなければならない。

20 【0008】この構造に関しては、すでに提案中の特願平10-87457号、特願平10-348720号がある。隣接干渉がほとんどない条件は、特性インピーダンスを20Ω以下、望ましくは15Ω以下にすることにより達成できる。すなわち、その要点は、2本の信号配線を一對にして信号配線ペアを構成し、隣接する信号配線ペアの距離に比較して相対的に信号グランド間の距離を狭くし、信号配線ペアを構成する2本の信号配線間のカップリングを強くすることにより、隣接干渉が小さくなるという現象を利用することである。

30 【0009】また、ここでの重要な留意点は、特性インピーダンスを一定にする条件として、たとえば信号配線の配置やその寸法が精度よく再現しなければならない。具体的には、たとえば隣接する信号配線ペア間の距離、信号配線ペアを構成する2本の信号配線間の距離等が一定となるようにコントロールしなければならない。

【0010】第2の問題は、信号配線に高周波信号が供給されている状態では、その信号配線の表面にしか電流が流れず、電流が流れる有効断面積が少なくなって直流抵抗が大きくなり信号が減衰するという問題である。これを表皮効果 (Skin effect) と呼んでいる。本発明は、この表皮効果による信号配線の抵抗増大を防止する40 ことを主たる目的の1つとしている。そこで、本発明者は、高周波の信号配線系において生じる表皮効果の特徴について検討した。

【0011】図13及び図15は、信号配線において生じる表皮効果を説明するための概略図である。図13 (a) に示すように、信号線5に直流電流6が流れているとする。この場合には、直流電流6は信号線5の断面の全面に渡って均一に流れる。

【0012】そこで、この信号線5に高周波信号が供給されている状態を考えると、電流は一方に流れ、止ま

り、逆方向に流れるということを高速に繰り返す。ところで、電流の周りには磁力線が発生する。すなわち、高周波信号が供給された状態では、電流が一方に流れ、止まり、逆方向に流れるということを繰り返すことに加えて、磁力線が発生、消滅を繰り返すことになる。ここで磁力線は、力学でいう質量のように一種の慣性を持ったものと考えることができる。すなわち、いったん消滅した磁力線が発生するにはエネルギーを必要とする。

【0013】さて、図13 (a) に示すように、信号線5を複数の細線の集合体として考えると、各細線に流れる電流要素7の周りに生じる磁力線の向きはいずれも同じである。そうすると、隣接する電流要素7間の磁力線同士はぶつかり合い、エネルギーの高い状態になる。

【0014】したがって、自然界の原理としてこのような電磁気系のエネルギーを最小化するために、電流密度は、図13 (b) に示すように、信号線5の表面でのみ高くなるのである。

【0015】これは、信号線5の表面部分では磁力線の隣接相互干渉が少ないためにエネルギー状態が低いためである。これが表皮効果である。但し、このように信号線5の表面全体に渡って電流密度が高い表皮が生じるのは、信号線5の周囲にグランド9があることが仮定されている。

【0016】このような仮定において、信号線全周にわたる表面にのみ電流が流れる。その表皮の厚み (Skin depth)  $\delta_s$  は、

【0017】

【数1】

$$\delta_s = \sqrt{2 / \omega \mu_r \sigma}$$

【0018】となり、 $\sqrt{2 \pi / \omega}$  に比例して表皮厚みが決まることになる。

【0019】ただし、 $\omega$  は角周波数、 $\mu_r$  は信号線導体の透磁率、 $\sigma$  は、信号線導体の導電率である。正弦波1GHzの条件でCu (銅) 配線では2.2μmとなる。この厚みの中に電流の約60%が流れているということであり、ほぼ100%電流が流れている範囲は5μmの厚みとなる。

【0020】さて、本発明に関連する2本の信号配線を一對とした信号配線ペア、すなわちスタクト・ペア線路の場合について考察する。図14 (a) に示すように、信号線10と参照線11とが平行して走っているとする。

【0021】この場合、電流は、信号線10上と参照線11上を互いに逆向きに流れる。そうすると、信号線10上を流れる電流によって生じる磁力線の向きと参照線11上を流れる電流によって生じる磁力線の向きは逆方向となり、これらの磁力線は互いに助け合うように作用する。

【0022】この結果、系のエネルギーを最小にするた

めに電流密度は、図14(a)の斜線で囲まれた領域によって示すように信号線10と参照線11の対向面の表面に集中するようになる。信号線10と参照線11の側面の表面についても対向面に近い側の電流密度は高くなる。信号線10と参照線11の対向面における表皮厚み $\delta$ は、近似的に上記の数1によって表すことができる。

【0023】ここで、参照線とは、一般にはグランド線を意味するが、グランド (Ground) という概念は、大地のように電位の「ゆらぎ」のないものと観念される。しかしながら、実際にはグランド線は電位の「ゆらぎ」を伴うため、最近の電磁気学では、参照線 (Reference Line)、参照プレーン (Reference Plane) と呼ばれている。

【0024】次に、表皮効果が生じるメカニズムについて、等価回路を用いてさらに補足説明する。図14

(b)は、図14(a)に示した信号線の等価回路図である。一般に信号の波長に比べて長い信号線は、自己インダクタンス $L_{S1}$ 、 $L_{S2}$ と相互インダクタンス $M$ とカップリング容量 $C$ とから成る分布定数回路として表される。

【0025】信号線10と参照線11を図14(a)のように細線に分けて考えると、隣接する細線の関係について上記の等価回路で表される。信号線10と参照線11の関係についても、上記の等価回路で表される。また、当然のことであるが、信号線10、参照線11をどのような細線に分けて考えてもよい。

【0026】ここで、流れる電流の向きが同一の場合はコモンモードと呼ばれ、その実効インダクタンス $L_{effc}$ とする。流れる電流の向きが逆の場合はディファレンシャルモードと呼ばれ、その実効インダクタンス $L_{effd}$ とする。そうすると、 $L_{effc} = L_{S1} + L_{S2} + 2M$ 、 $L_{effd} = L_{S1} + L_{S2} - 2M$ なる関係がそれぞれ成り立つ。

【0027】すなわち、流れる電流の向きから見ると、信号線10、参照線11の内部の細線については、コモンモードとなり、信号線10と参照線11との関係については、ディファレンシャルモードとなることがわかる。したがって、電流は、インダクタンスが低くなる方向、つまり電流密度は、図14(a)に示すように信号線10と参照線11の対向面の表面に集中し、配線内部にはほとんど流れなくなる。すなわち、電流は系のエネルギーが最小となるように分布するのである。

【0028】その結果、信号線10、参照線11の外部には図示のような電気力線 $E$ 、磁力線 $H$ が現れる。この配線を取り巻く電磁界は、フリッジ効果によって周囲に広がるが、信号配線ペア間のカップリング係数を1に近くすることにより、その電磁界は局在化し、隣接干渉のほとんどない状態となる。

【0029】次に、本発明に関連するスタクト・ペア

線路における表皮効果の特徴をより明確にするために、いわゆるマイクロストリップ線と対比してみる。図15は、マイクロストリップ線の表皮効果を説明するための概略図である。12は信号線であり、13は参照プレーンである。14は、参照プレーン13を対称面として仮想的に現れる信号線12のイマジナリーパートである。

【0030】そこで、電気力線 $E$ は信号線12とイマジナリーパート13を結ぶように生じる。また、境界条件として電気力線 $E$ は参照プレーン13に対して垂直でなければならない。つまり、電気力線 $E$ は図のように広がりを持つ。したがって、電流は、参照プレーン13の表面では、信号線12の幅 $W$ より広がった所を流れる。すなわち、表皮効果が生じている状態において、信号配線ペアはマイクロストリップ線に比して隣接効果を抑止する点で有利といえる。

【0031】以上で、信号配線における表皮効果という問題について説明したが、その要点は、信号線の全周にグランドが配置した条件で、信号線全周の面に電流が流れるが、マイクロストリップ線やスタクトペア線路では、グランドと対向する面にしか電流が流れないということもって厳格な条件となる。

【0032】もし、信号配線ペアの対向面がアンカー効果を期待して荒れているとなると、その荒れた面を倣うようにして電流が流れるため、電流経路が長くなり、さらに大きな直流抵抗損失となる。

【0033】第3の問題は配線を取り巻く絶縁物の誘電損失、すなわち、 $\tan \delta$ を小さくしなければ、配線間リーク電流が大きくなり、熱となって信号エネルギーが減衰するという問題である。リーク電流の大きさをあらわすには伝送線路から見た漏れコンダクタンス $G$ を見ればよい。

【0034】コンダクタンス $G$ は、 $G = k \omega C_0 \tan \delta$ という式で表される。ここで $k$ は伝送線路の絶縁物被覆率、 $\omega$ は角周波数、 $C_0$ は真空中の信号グランド間の容量である。この式からわかるように周波数が1桁上がると、絶縁物の $\tan \delta$ は1桁小さくしなければならないということである。

【0035】絶縁物の $\tan \delta$ を小さくするためには絶縁物中の分極構造をできるだけなくす方向に改善することになる。有機物では分極分子を主鎖や副鎖に入れない分子構造にすることとなる。

【0036】一方、金属配線と有機物接続は分極分子で行うため、これを入れない有機物は接着強度が非常に弱いという欠点が出て、このトレードオフをどのように解決するかという問題が発生する。一般に、配線金属表面を粗して、有機物との界面とし、有機物が表面の凹凸に倣って、アンカー効果を期待する接着にせざるを得ない。

【0037】そこで、本発明は、上記3つの問題を解決するのに有効な配線基板の構造及びその製造方法を提供

することを目的としている。

【0038】すなわち、本発明の目的は、第1に、信号配線系に生じる表皮効果による抵抗増大を最小限にして高周波信号の減衰を防止し、GHz帯の高周波デジタル信号の伝送を可能ならしめることである。また、本発明の目的は、第2に、配線を取り巻く絶縁物の誘電損失を小さくし、効率の良い高周波デジタル信号の伝送を実現することである。さらに、本発明の目的は、第3に、信号配線間の隣接干渉を無くして特性インピーダンスを小さくし、かつ一定にすることである。

【0039】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明かなるであろう。

【0040】

【課題を解決するための手段】本願の発明中、代表的なものの概要を説明すれば、以下のとおりである。

【0041】第1の発明の配線基板は、第1の基板の一主面上に形成された1以上の第1の信号配線と、第2の基板の一主面上に形成された1以上の第2の信号配線と、前記第1の基板の一主面と前記第2の基板の一主面との間に介在された絶縁物を有し、前記第1及び第2の信号配線とを互いに対向して平行に配置することにより信号配線ペアを成すというものである。

【0042】かかる構成は、本発明の配線基板の基本形であり、高周波信号を減衰させることなく高速に伝送することができる。

【0043】第2の発明の配線基板は、第1の発明において、第1及び第2の信号配線の対向面の凹凸の程度は、信号配線ペア上に高周波信号が供給された状態で発生する表皮効果による表皮厚みより小であるというものである。

【0044】かかる構成において、表皮効果によって電流密度は、第1及び第2の信号配線の対向面の表面において高くなるが、第1及び第2の信号配線の対向面は表皮効果による表皮厚みに比して凹凸の小さな表面を有するため、表皮効果による抵抗増大を極力小さくすることができる。理想的には、全く凹凸のない鏡面状態であることが望まれるが、表皮効果による表皮厚みに比して凹凸が小さければ抵抗増大は小さい。これにより、高周波信号の減衰を防止し、信号伝送を高速に行うことができるのである。

【0045】第3の発明の配線基板は、第1、第2の発明において、2対以上の信号配線ペアが互いに隣接して形成されている場合において、第1及び第2の信号配線の間隔を $t$ 、第1及び第2の配線の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペアの間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置されているものである。

【0046】かかる構成によれば、カップリング係数を1に近くすることができ、隣接する信号配線ペア間の隣

接干渉をほとんど無くすることができるので、電磁気エネルギーの損失のない良好な配線として機能する。

【0047】第4の発明の配線基板は、第3の発明において、信号配線ペアは $15\Omega$ 以下の特性インピーダンスを有するものである。この構成は、GHz帯の高周波信号デジタル信号を伝送する上で望ましい条件である。

【0048】第5の発明の配線基板は、第1の発明において絶縁物は、第1及び第2の基板間の全体に充填されているものである。かかる構成において、絶縁物は、第1及び第2の基板を接合するものである。ここで、絶縁物は誘電損失による配線間リークを極力小さくするため、低誘電率の材料、すなわち $\tan\delta$ の小さな材料を選ぶことが望ましい。

【0049】第6の発明の配線基板は、第1の発明において、絶縁物は、隣接する信号配線ペア間に部分的に充填されるとともに、第1及び第2の信号配線と前記絶縁物とによって囲まれた領域には、気体が封入されているものである。

【0050】第5の発明では、絶縁物が全体に充填されている構造であるため、絶縁物として低 $\tan\delta$ の材料を採用したとしても気体よりは一般に悪い。そこで、第6の発明の配線基板においては、誘電損失にとって最も支配的な領域、すなわち電磁界エネルギーが最も高い領域である対向面間に気体を封入したものである。

【0051】かかる構成によれば、第1及び第2の信号配線の対向面間が気体であるため、隣接する信号配線ペア間に充填された基板支持体の $\tan\delta$ が多少大きくてもフリッジ効果しか損失にならず、この問題は無視できる。

【0052】第7の発明の配線基板は、第1の発明において、絶縁物は、隣接する信号配線ペア間であって信号配線ペアの端から離れた位置に部分的に配置されており、第1及び第2の信号配線と絶縁物とによって囲まれた領域には、気体が封入されているものである。かかる構成によれば、信号配線ペアのフリッジ効果も含めて誘電損失を無くすることができる。また、後に詳しく説明するが、第6の発明に比して、その構造上、信号配線ペア間の距離をコントロールしやすいという利点を有する。

【0053】第8の発明の配線基板は、第1の発明において、絶縁物は、第1及び第2の信号配線を含む第1及び第2の基板上にコーティング層として形成され、このコーティング層が第1及び第2の信号配線上で接合され、かつ隣接する信号配線ペア間には気体が封入されているというものである。

【0054】かかる構成によれば、コーティング層の厚みによって、信号配線ペア間の距離を決定しているので、そのコントロールが容易である。コーティング層としては、 $\tan\delta$ が小さい材料を採択することが望ましい。

【0055】第9の発明の配線基板は、第6、7、8の



発明において、気体は、非分極性の気体であるというものである。非分極性の気体には、たとえばヘリウム、アルゴン、メタン、エタン又は少なくとも水分が除去された空気がある。

【0056】第10の発明の配線基板は、絶縁層を介して積層された複数の基板と、各基板上に形成された第1の信号配線と第2の信号配線が互に対向して平行に配置され、多層の信号配線ペアを成しており、各層の信号配線ペア間の接続は、各基板を貫通して形成された埋め込みビア、あるいは各基板及び各層の絶縁層を貫通して形成された埋め込みビアを介してなされるというものである。

【0057】かかる構成は、第1の発明の配線基板を基本構造のユニットとして、信号配線ペアの多層化を図ったものであり、配線基板の高密度化を可能とするものである。

【0058】第11の発明の配線基板は、第10の発明において、積層された複数の基板中、最上層の基板上には接続パッド層が形成され、この接続パッド層は、各基板を貫通して形成された埋め込みビア、あるいは各基板及び各層の絶縁層を貫通して形成された埋め込みビアを介して、各層のいずれかの信号配線ペアと接続がなされており、前記接続パッドを介して最上層の基板上に電子部品が搭載されているというものである。

【0059】かかる構成によれば、第10の発明で開示された、多層化された信号配線ペアを有する配線基板において、電子部品を搭載することが可能になる。

【0060】第12の発明の配線基板は、第10、11の発明において、埋め込みビアは、第1の信号配線、第2の信号配線から導出されたビアランド上に形成されるというものである。

【0061】第13の発明の配線基板は、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12の発明において、第1及び第2の信号配線に相補信号を供給するドライバ回路を有する第1の集積回路チップと、第1及び第2の信号配線上を伝送される相補信号を受信するレシーバ回路を有する第2の集積回路チップが搭載されているというものである。

【0062】かかる構成によれば、第1の集積回路チップからの信号を第2の集積回路に高速に伝送することができる。

【0063】第14の発明の配線基板は、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12の発明において、絶縁物は、エポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、ベンゾサイクロブチン(BCB)、又はフッ素系樹脂から成るというものである。これらの絶縁物材料は分極基をほとんど有していないため、誘電損失を極力小さくすることができる。なお、フッ素系樹脂としては、たとえばフローレンがある。

【0064】第15の発明の配線基板の製造方法は、第

1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、第1及び第2の信号配線の表面を除き、第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、第1及び第2の基板上の全面に絶縁物を形成する工程、第1及び第2の基板を絶縁物を介して接合する工程、とを有し、第1及び第2の信号配線が互に対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたものである。

【0065】かかる構成によれば、第1、第5の発明の配線基板を製造することができる。この構成において、第1及び第2の基板の表面については、接着性を良くするために粗面化する工程を行うが、第1及び第2の信号配線の表面については一切の粗面化のための処理を行わない。これにより、滑らかな表面を維持し、表皮効果による抵抗増大を最小にすることができるのである。

【0066】第16の発明の配線基板の製造方法は、第15の発明において、各工程中、少なくとも第1及び第2の基板を絶縁物を介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うというものである。

【0067】かかる構成によれば、絶縁物の中に水分などの分極している分子が取り込まれて絶縁物の $\tan \delta$ が大きくなってしまふことが防止される。

【0068】第17の発明の配線基板の製造方法は、第15、16の発明において、絶縁物は、エポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、ベンゾサイクロブチン(BCB)、又はフッ素系樹脂から成るというものである。これらの絶縁物材料は分極基をほとんど有していないため、誘電損失を極力小さくすることができる。なお、フッ素系樹脂としては、たとえばフローレンがある。

【0069】第18の発明の配線基板の製造方法は、第15、16の発明において、絶縁物は、熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂から成るものである。

【0070】第19の発明の配線基板の製造方法は、第1及び第2の基板の一主面上に感光性ドライフィルムを接合する工程、この感光性ドライフィルムをパターンニングし、第1及び第2の基板上であって第1及び第2の信号配線を形成する予定領域に第1及び第2の開口部を形成する工程、無電解メッキによって第1及び第2の開口部に第1及び第2の信号配線を形成する工程、第1及び第2の基板を第1及び第2の信号配線の間の感光性ドライフィルムを介して接合する工程、とを有し、第1及び第2の信号配線が互に対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたものである。

【0071】かかる構成によれば、第6の発明の配線基板を製造することができる。

【0072】第20の発明の配線基板の製造方法は、第19の発明において、各工程中、少なくとも第1及び第2の基板を第1及び第2の信号配線の間に充填された感光性ドライフィルムを介して接合する工程は、非分極性

の気体中において行うというものである。かかる構成によれば、感光性ドライフィルムの中に水分などの分極している分子が取り込まれて絶縁物の $\tan \delta$ が大きくなってしまふことが防止される。

【0073】第21の発明の配線基板の製造方法は、第1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、第2の信号配線の表面を除き、第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、第1及び第2の基板上であって、第1及び第2の信号配線の間に部分的に絶縁物からなるコラムを形成する工程、第1及び第2の基板をコラムを介して接合する工程、とを有し、前記第1及び第2の信号配線が互いに対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すようにしたものである。

【0074】かかる構成によれば、第7の発明の配線基板を製造することができる。また、コラムの高さを可変することにより、信号配線ペア間の距離が一定となるようにコントロールすることができる。

【0075】第22の発明の配線基板の製造方法は、第21の発明において、各工程中、少なくとも第1及び第2の基板をコラムを介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うというものである。かかる構成によれば、コラムの中に水分などの分極している分子が取り込まれて絶縁物の $\tan \delta$ が大きくなってしまふことが防止される。

【0076】第23の発明の配線基板の製造方法は、第1の基板上の一主面上に1以上の第1の信号配線を形成する工程、第2の基板上の一主面上に1以上の第2の信号配線を形成する工程、第1及び第2の信号配線の表面を除き、第1及び第2の基板の表面を粗面化する工程、第1及び第2の信号配線を含む第1及び第2の基板上に有機物を蒸着して成るコーティング層を形成する工程と、第1及び第2の基板をコーティング層を介して接合する工程、とを有し、第1及び第2の信号配線が互いに対向し、かつ平行な信号配線ペアを成すというものである。

【0077】かかる構成によれば、第8の発明の配線基板を製造することができる。また、コーティング層の厚みによって、信号配線ペア間の距離を決定しているの、そのコントロールが容易である。コーティング層としては、 $\tan \delta$ が小さい材料を選択することが望ましい。

【0078】第24の発明の配線基板の製造方法は、第23の発明において、少なくとも第1及び第2の基板をコーティング層を介して接合する工程は、非分極性の気体中において行うというものである。かかる構成によれば、コーティング層の中に水分などの分極している分子が取り込まれて絶縁物の $\tan \delta$ が大きくなってしまふことが防止される。

【0079】第25の発明の配線基板の製造方法は、第

16、20、22、24の発明において、非分極性の気体は、ヘリウム、アルゴン、メタン、エタン、または少なくとも水分が除去された空気であるというものである。

【0080】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施形態～第5の実施形態について、図1～図11を参照しながら説明する。

【0081】まず、第1の実施の形態について、図1～図4を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。この配線構造は本発明の基本形である。20は、第1の基板、21は、第2の基板である。第1及び第2の基板は、たとえば、エポキシ樹脂などから成るプリント基板であるが、これに限らず、その他の基板、たとえば表面に絶縁膜を有する半導体基板であってもよい。

【0082】22は、第1の基板の一主面上に形成された第1の信号配線、23は、第2の基板の一主面上に形成された第2の信号配線である。ここで、第1及び第2の信号配線22、23は、第1及び第2の基板20、21との接合面と反対側の対向面を有し、互いに平行に配置されている。本実施形態では、第1及び第2の信号配線22、23は、図1の紙面に対して垂直方向に走っているが、第1及び第2の基板22、23上でどの方向に走っていてもよい。

【0083】すなわち、第1及び第2の信号配線22、23は、信号配線ペアを成している。この配線構造は、第1及び第2の信号配線22、23が積み重ねられているという意味では、スタックト・ペア線路とも呼ばれる。信号配線ペアには高周波信号として、たとえばドライバ回路などの信号源から相補信号が供給される。また、前述したように、たとえば、第1の信号配線は信号線であり、第2の信号配線は参照線として機能する。上述の信号配線ペアは、本来的に、電磁界が閉じた伝送線路を形成し、特性インピーダンスが小さく、高周波信号を減衰させることなく高速に伝送することができるものである。

【0084】第1及び第2の基板20、21の一主面上間には、絶縁物24が介在されている。ここで、絶縁物24は、この実施形態では、第1及び第2の基板20、21の間の全体に充填されている。ここで、絶縁物24は誘電損失による配線間リークを極力小さくするために分極していない材料、すなわち $\tan \delta$ の小さい材料を選ぶことが望ましい。

【0085】このような材料としては、分極基のほとんど無い樹脂であり、たとえばエポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、フッ素系樹脂（たとえば、フーレン）、ベンゾサイクロブチーン（BCB）などがある。

【0086】上記の基本形の要点は、信号配線が形成さ

れた2枚の基板を信号配線を平行に対向させて絶縁物、たとえば樹脂を介して固定したものであり、GHz帯の高周波信号を伝送するための配線基板としては唯一の基本構造である。また、本発明の趣旨は「ゆらぎ」の無い大地・グランドという概念を否定する配線構造を提供することであり、信号線ペアに幅広の電源層（グランドを含む）を近接させないものである。本発明者の検討によれば、かかる電源層が無い方が高速信号伝送にとって好適である。従って、本発明の配線基板は、例えば信号線ペアを上下に挟むような近接した電源層の存在を除外するものである。また当然であるが、信号線ペアが配設された2つの基板は導電基板ではないものとする。

【0087】さて、次に本発明者が重要な問題点として指摘した表皮効果による抵抗増大を最小にするための構成を説明する。表皮効果によって電流密度は、第1及び第2の信号配線22、23の対向面の表面において高くなる。もし、従来のプリント配線技術において常であったように、信号配線の表面も含めて荒らすことをすれば、第1及び第2の信号配線22、23の対向面の表面の凹凸によって、抵抗は、表皮効果との相乗作用によってさらに増大してしまう。つまり、荒れた表面を做うようにして電流が流れるため、さらに大きな抵抗損失となる。

【0088】図2は、信号配線の対向面の表面の凹凸と表皮厚みとの関係を説明するための概略断面図である。

【0089】図2(a)に示すように、表面の凹凸の差 $h$ （凸部と凹部の高低差）が表皮厚み $\delta$ より大きい場合、表皮中を流れるほとんど全電流が凹凸に沿うように流れるため電流経路が長くなり抵抗増大が大きい。これに対して、図2(b)に示すように、表面の凹凸の差 $h$ （凸部と凹部の高低差）が表皮厚み $\delta$ より小さい場合、表皮の極表面に流れる電流は凹凸の影響を若干受けるが、表皮の深い部分では凹凸の影響を受けずに直進する電流成分がある。

【0090】すなわち、表皮厚み $\delta$ に比して表面の凹凸が小さくなるほど、凹凸の影響は小さくなり抵抗増大を小さくすることができることがわかる。換言すれば、表皮効果との相乗効果によってさらに抵抗が増大することを抑止することができるということである。これにより、高周波信号の減衰を防止し、信号伝送を高速に行うことができるのである。

【0091】ここで、表皮厚み $\delta$ は、近似的に、信号線全周にグランドがあるという仮定に基づいて導出された数式によって表される。したがって、表皮厚み $\delta$ の中には第1の信号線配線22に流れる全電流の60%が流れている。

【0092】理想的には、全く凹凸のない鏡面状態であることが最も望ましいが、加工上の困難性が伴う。そこで、たとえば銅張り積層板の銅箔などをパターンニングしてCu配線を形成する場合には、配線表面の凹凸は、表皮効果による表皮厚みの $1/3$ より小であることが好ましい。たとえば、正弦波1GHzの条件で、Cu配線では表皮厚み $\delta$ は $2.2\mu\text{m}$ である。したがって、この好ましい条件は表面の凹凸がその $1/3$ である約 $0.7\mu\text{m}$ 以下であればよい。

10 【0093】また、プリント配線技術の観点から説明すると、一般に、アンカー効果を期待してパターンニング前、銅張り積層板上の銅箔の表面をあらかじめ酸化・還元処理することにより荒らしているしているが、そのような処理をしないことにより、配線表面を滑らかに保つことができる。

【0094】一方、第1及び第2の基板20、21の表面については粗面化処理を行い、絶縁物24との密着性を高める。その結果、第1及び第2の信号配線22、23の対向面の表面は、第1、第2基板20、21の表面に比して滑らかである。要すれば、さらに平滑面処理をすることで、所望の平滑面にすることも出来る。

【0095】以上の要点をまとめると、第1及び第2の信号配線22、23の対向面の表面を滑らかな面を利用するか、滑らかに仕上げることにより、表皮効果による抵抗増大を最小にしたのである。

【0096】次に、2対以上の信号配線ペアが互いに隣接して形成されている場合において信号配線ペア相互間の隣接干渉を無くするための構成について説明する。図3は、一例として、2対の信号配線ペア25、26の構成を示す概略断面図である。ここで、第1及び第2の信号配線22、23の間隔を $t$ 、第1及び第2の信号配線22、23の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペア25、26の間の間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置されている。

【0097】かかる構成によれば、カップリング係数を1に近くすることができ、隣接する信号配線ペア間の隣接干渉をほとんど無くすることができるので、電磁気エネルギーの損失のない良好な配線として機能する。

【0098】また、信号配線ペア25、26はそれぞれ $20\Omega$ 以下、望ましくは $15\Omega$ 以下の特性インピーダンスを有することが望ましい。これは、GHz帯の高周波信号デジタル信号を伝送する上で望ましい条件である。信号配線ペアにおける特性インピーダンス $Z_0$ の近似式は、

【0099】

【数2】

40

$$Z_0 = (h/w) \times \sqrt{\mu_0 \cdot \mu_r / \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$$

$$= 377 \times (h/w) \times \sqrt{\mu_r / \epsilon_r}$$

【0100】のようになる。ただし、 $w$ =線幅、 $h$ =第2の信号配線22、23の間隔、 $\mu_0$ =真空の透磁率、 $\mu_r$ =絶縁物の比透磁率、 $\epsilon_0$ =真空の誘電率、 $\epsilon_r$ =絶縁物の比誘電率である。この式から、20Ω以下、望ましくは15Ω以下という低い特性インピーダンスをペア線路において実現するためには、信号配線ペアのスペースが小さくすればよいことがわかる。これは、カップリング係数を1に近くすることと両立する関係である。

【0101】なお、充填される樹脂は空気を多くする発泡剤でもよい。また、電界を集中させたり、平行電界層を作る効果を期待するため、信号配線の断面構造を台形や逆台形にすることも特許の範囲である。

【0102】次に、本実施形態の配線基板の製造方法について、図4を参照しながら詳細に説明する。図4

(a)に示すように基板30を準備する。プリント配線板のベースになる基板30の材料は、たとえばFR-4のようなエポキシ系の未硬化樹脂をガラス繊維布に含浸させたプリプレグと呼ばれるBステージ基板である。この基板30に銅箔31を接合し、Bステージエポキシを硬化させ、銅張り積層板32を作ることによって配線板の基本が出来上がる。

【0103】これをフォトリソグラフィで銅箔のパターニングを行う過程が次のステップとなるが、細い銅配線になった時、基板との接着が非常に弱くなり、ほとんど実用に耐えない。この接着力対策として、銅箔をあらかじめ表面粗面化を行う。その処理の代表的なものは銅箔を均質な酸化膜ができるように酸化させ、その脆い酸化膜を還元すると、銅表面が粗面になる。酸化還元は酸化性酸の水溶液で行うことが一般的である。還元もイオン還元水溶液で行う。最近では粗面銅めっきという手法も考案されているがどちらの場合でも1μmから5μmの表面粗さを有するものである。信号周波数1GHzの場合の表皮厚みは約2μmであり、この場合の表面粗さは、この表皮厚みのオーダーとなっている。

【0104】接着力をアンカー効果で改善したことになり、構造的信頼性は向上するが、高周波の表皮効果の問題を残す。表面を粗さないで、化学的な結合を強くすることで、行う方法も皆無ではないが、強力な化学結合、たとえば、共有結合を得るためには低温(200℃以下)で十分反応する活性種が必要で、このような反応性の強い活性種は非常に不安定で、工業的に成功していない。たとえば、シランカップリング剤があるが、短時間に加水分解してしまい、気休めの処理に終わっている。

【0105】接合を化学的に得る一般的な手法は樹脂の

副鎖に分極基を配置して、分極結合を作り接合する方法である。その代表的分極基は水酸基であり、いわゆる世の中の有機接着剤はすべてこの形をとっている。上記アンカー効果だけでは、界面の分子的剥離(マイクロクラック)が生じて、その剥離面に水膜が形成され、それが膨潤や蒸気化でアンカー効果を破壊しやすい。すなわち、寿命劣化を引き起こしやすい。

【0106】この対策として、水酸基の多く付いた、エポキシ樹脂を使用することになるが、水酸基の増大とともに誘電体角損失( $\tan \delta$ )が大きくなり、漏れコンダクタンス $G$ が大きくなる欠点を持っている。これら表皮効果と $\tan \delta$ の問題はFR-4やFR-5のエポキシ系のみならず、ビスマレイドトリアジン(BT)、やポリイミド系でも同様である。本発明は従来の製造方法を一部に採用しながら、表皮効果と $\tan \delta$ の問題を解決する手段を提供するものである。

【0107】さて、図4(b)に示すように、銅箔31上にフォトレジストをコーティングした後、設計された配線パターンを有するマスクで露光、現像をして、パターンニングされたレジスト膜33を形成する。

【0108】次に、図4(c)に示すように、レジスト膜33を保護膜として、銅箔の露出した部分をエッチング液でエッチングし、信号配線34を形成する。このとき、露出した銅箔31が完全にエッチングされたエポキシ面は粗面化した銅箔の跡が残る粗面となっている。

【0109】別のパターンで処理された銅箔積層板と銅箔面同士を対向させ樹脂で固定することで基本構造の完成となる。すなわち、図4(d)に示すように、基板30上に樹脂35をコーティングする。一方、同様の方法で形成した信号配線36を有する基板37上にも樹脂38をコーティングする。そして、基板30、37を樹脂35、38を介して、パターン整合させながら、加圧することにより接合し、または貼り合わせる。

【0110】対向面に介在する樹脂35、38は分極基のほとんどないエポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、フッ素系樹脂(たとえばフローレン)、ベンゾサイクロブチーン(BCB)などである。

【0111】本発明のポイントである表皮効果による抵抗増大を最小にするためには、信号配線34、36の表面を平滑にすることが重要である。そのためには、銅箔31の表面については粗面化を行わず、基板30、37の表面のみを粗面にする。たとえば、基板表面をあらかじめケミカル処理するかスパッタ処理して基板表面を分子構造的に荒らしておけば、樹脂35、38との良い接着性が得られる。

【0112】あるいは、図4(c)に示した工程において、レジスト膜33をマスクとして選択的にスパッタ処理を行い、信号配線34、36の表面の平滑性を維持しながら、基板表面のみを粗面にしてもよい。

【0113】すなわち、平滑な銅配線と樹脂35、38との接合はあまり期待できないが、銅箔除去のエポキシ表面の粗面に上記樹脂が浸入し、アンカー効果で強力に接着される。金属と有機樹脂のように結合形態の異なる材料同士でなく樹脂・樹脂の接続は樹脂プライマーの分子量を小さくすると、硬化されている樹脂内に分子の頭が侵入し、異種材料間より一般に接合強度が強いものである。特に粗面化した樹脂との上記効果は大きいといえる。これにより、平滑銅界面の弱い接着力を十分に補償することができる。

【0114】対向界面に挿入する樹脂35、38の形態として、塗布(スクリーン塗布、浸漬塗布、電気泳動塗布などを含む)、蒸着、フィルム貼り付けなどを行うことができ、材料の選択を優先して、種々の手法で対応できる利点がある。次いで、この基板にビアホールを開けめっきなどでペア線路の導通をとり単位ユニットを完成

させる。

【0115】樹脂35、36の量は十分制御された量が基板30、37の両面にコーティングされるが、加圧を途中で止めるため、スペースの中心部分に原子または分子レベルの微小な空隙が残存することになる。この空隙の信頼度における問題、 $\tan \delta$ の増大の問題を解消するため、この作業そのものをメタン、エタンなどの分極していない分子で、分子半径の大きな液化温度の高いガスで行い、空隙にはこのガスが充満している構造を提案する。

【0116】分子構造の大きなガスは充填樹脂への拡散速度が遅く、もし空隙に水分が進入してもガス圧が高くなるだけで、侵入を防ぐことができる。いわゆる保存形態の王道である窒素封入保存の形となる。なお、空気は、分極していない気体であるが、通常、空気に含まれる水分 $H_2O$ は分極しているためこれを除去した空気が適している。

【0117】具体的な対向面ギャップ、すなわち対向する信号配線34、36の間隔は、 $1\mu m$ から $5\mu m$ であり、配線の厚みは $3\mu m$ から $5\mu m$ である。対向面ギャップに介在された絶縁物の誘電率により異なるが、信号配線幅は $5\mu m$ から $20\mu m$ 程度である。この寸法加工は配線の厚みが比較的小さいため容易であることが判明しよう。

【0118】特性インピーダンスを正確に制御するためには信号配線34、36のパターンずれやギャップのばらつきは許せない。ずれの制御は軟X線投影装置でマイクロオーダーで整合させる。そして、ある標準パターンの容量測定値をモニターしながら加圧を進め、整合した時に静止させる。次いで、樹脂35、38が熱硬化樹脂

であれば硬化をさせ、熱可塑性樹脂であれば冷却して固める。引き続いて、この対向ペア基板を単位として、多層の積層を従来のプリプレグで行い、スルーホールを穿った後、めっきなどで導通を取り、多層配線の構造を完成させる。この構造については後に詳しく説明する。

【0119】次に、第2の実施形態について、図5を参照しながら説明する。第1の実施形態では、絶縁物24が全体に充填されている構造であるため、絶縁物として $\tan \delta$ の小さい材料を採用したとしても気体よりは一般に悪い。そこで、本実施形態の配線基板においては、誘電損失にとって最も支配的な領域、すなわち電磁界エネルギー最も高い領域である対向面ギャップ間に気体を封入したものである。

【0120】図5において、40は、第1の基板、41は、第2の基板である。第1及び第2の基板40、41は、たとえばエポキシ樹脂などから成るプリント基板であるが、これに限らず、その他の基板、たとえば表面に絶縁膜を有する半導体基板であってもよい。

【0121】42は、第1の基板の一主面上に形成された第1の信号配線、43は、第2の基板の一主面上に形成された第2の信号配線である。第1及び第2の信号配線42、43は、信号配線ペアを成している。信号配線ペアには高周波信号として、たとえばドライバ回路などの信号源から相補信号が供給される。

【0122】また、たとえば、一方の信号配線は信号線であり、他方の信号配線は参照線として機能する。本実施形態において絶縁物44は、隣接する信号配線ペア間に部分的に充填される。第1及び第2の信号配線42、43と絶縁物44とによって囲まれた領域、すなわち対向面ギャップ45には、気体が封入されているものである。ここで、気体は、非分極性の気体であって、たとえばヘリウム、アルゴン、メタン、エタン、または少なくとも水分が除去された空気である。

【0123】かかる構成によれば、第1及び第2の信号配線の対向面間が気体であるため、隣接する信号配線ペア間に充填された絶縁物の $\tan \delta$ が多少大きくてもフリッジ効果しか損失にならず、この問題は無視できる。

【0124】また、第1の実施形態において開示したその他の構成が、本実施形態についても同様に適用することができることは言うまでもない。その代表的なものを挙げれば、たとえば、表皮効果による抵抗増大を最小にするための構成として、第1及び第2の信号配線42、43の表面の凹凸を表皮厚みより小さくする点である。

【0125】また、隣接する信号配線ペア間の隣接干渉を無くするための構成として、第1及び第2の信号配線42、43の間隔を $t$ 、第1及び第2の信号配線の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペアの間の間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置する点である。

【0126】さらに、絶縁物44としては、分極基のほ

とんど無い樹脂であり、たとえばエポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、フッ素系樹脂（たとえば、フローレン）、ベンゾサイクロブチーン（BCB）などがある点である。

【0127】次に、本実施形態の配線基板の製造方法について説明する。たとえば、1つの製造方法は、図4を用いて説明した製造方法と比較すると、ペア線路間の樹脂固定の方法が代わるだけである。信号配線42、43をよけて樹脂44をコーティングすることで完成させることができる。第1及び第2の基板40、41を接合するときは、対向面ギャップ45の間隔を決めるため、部分的にコーティングされた樹脂44は横に広がる余地を残さなければならない。したがって、線間充填剤である樹脂44のコーティングは、信号配線42、43の端から離れた所になされる。そして、第1及び第2の基板40、41を樹脂44を介して圧着するときには、樹脂44は横に広がり、隣接する信号配線ペア間に充填される。

【0128】もう1つの製造方法は、めっき活性化した基板40、41に感光性ドライフィルムを接合する。この感光性ドライフィルムをパターンングし、金属配線する部分に溝を開く。無電解銅めっきを堆積し、感光性ドライフィルムの表面に対して必要な寸法まで積み上げる。これにより、第1及び第2の信号配線42、43が形成される。レジストフィルムに接着性のない時はめっき加工後のレジストフィルムの表面に接着剤を転写方などで薄く転写する。

【0129】その後、メタンやエタンガスなどの分極のない気体中で両面を接着させ完成する。レジストフィルムや接着剤の $\tan \delta$ が多少大きくても対向面ギャップ45に気体が封入されているため、フリンジ効果分しか損失とならずこの問題は無視できる。理由は特性インピーダンスが小さい配線であれば、相対対向面の面積が大きいためである。

【0130】次に、第3の実施形態について、図6を参照しながら説明する。本実施形態は、第2の実施形態と比較すれば、基本的に絶縁物の介在面積が異なるだけである。空間が広い狭いの差である。

【0131】図において、50は、第1の基板、51は、第2の基板である。第1及び第2の基板50、51は、たとえばエポキシ樹脂などから成るプリント基板であるが、これに限らず、その他の基板、たとえば表面に絶縁膜を有する半導体基板であってもよい。

【0132】52は、第1の基板の一主面上に形成された第1の信号配線、53は、第2の基板の一主面上に形成された第2の信号配線である。第1及び第2の信号配線52、53は、信号配線ペアを成している。信号配線ペアには高周波信号として、たとえばドライバ回路などの信号源から相補信号が供給される。また、たとえば、一方の信号配線は、信号線であり、他方の信号配線は参

照線として機能する。

【0133】絶縁物54は、隣接する信号配線ペア間であって信号配線ペアの端から離れた位置に部分的に形成されており、第1及び第2の信号配線52、53の対向面ギャップ55と絶縁物54とによって囲まれた領域には、気体が封入されているものである。これにより、信号配線ペアのフリンジ効果も含めて誘電損失を無くすることができる。また、後に説明するが、第2の実施形態に比して、その構造上、信号配線ペア間の距離、すなわち対向面ギャップ55の距離をコントロールしやすいという利点を有する。

【0134】また、第1の実施形態において開示したその他の構成が、本実施形態についても同様に適用することができることは言うまでもない。その代表的なものを挙げれば、たとえば、表皮効果による抵抗増大を最小にするための構成として、第1及び第2の信号配線45、53の表面の凹凸を表皮厚より小さくする点である。

【0135】また、隣接する信号配線ペア間の隣接干渉を無くするための構成として、第1及び第2の信号配線52、53の間隔を $t$ 、第1及び第2の信号配線の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペアの間の間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置する点である。さらに、絶縁物54としては、分極基のほとんど無い樹脂であり、たとえばエポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、フッ素系樹脂（たとえば、フローレン）、ベンゾサイクロブチーン（BCB）などがある点である。

【0136】次に、本実施形態の配線基板の製造方法について説明する。第2の実施形態と比較すれば、基本的には、樹脂の介在面積が小さいことである。樹脂の横に広がることを考慮して、接合時に第1及び第2の信号配線52、53の端との間に空間が生じるよう樹脂のコーティングを行わなければならない。

【0137】また、第2の実施形態においては、信号配線52、53をめっきにより形成する場合は、めっき厚みの制御が難しいという欠点を有するが、これを解決するため、感光性フィルムレジストなどでコラム（絶縁物54）を作るとよい。正確な対向面ギャップ55のスペースを得るためにコラムの高さを可変とする。すなわち、めっきの厚みに応じてコラムの高さを変える。コラムの接着には接着剤を転写方などで薄く転写してもよい。なお、基板50、51を絶縁物54を介して接合する作業は、メタンやエタンガスなどの分極のない気体中で行う。

【0138】次に、第4の実施形態について、図7を参照しながら説明する。スタックト・ペア線路において対向面ギャップが数 $\mu\text{m}$ であることから第1、第2、第3の実施形態のいずれにおいても加工上の問題がある程度存在する。そこで、本実施形態では、有機物を蒸着することで対向面ギャップを正確に制御するものである。



【0139】図7において、60は、第1の基板、61は、第2の基板である。第1及び第2の基板60、61は、たとえばエポキシ樹脂などから成るプリント基板であるが、これに限らず、その他の基板、たとえば表面に絶縁膜を有する半導体基板であってもよい。

【0140】62は、第1の基板の一主面上に形成された第1の信号配線、63は、第2の基板の一主面上に形成された第2の信号配線である。第1及び第2の信号配線62、63は、信号配線ペアを成している。信号配線ペアには高周波信号として、ドライバ回路などの信号源から相補信号が供給される。また、たとえば、一方の信号配線は、信号線であり、他方の信号配線は参照線として機能する。

【0141】64は、有機物を蒸着して成るコーティング層であり、第1及び第2の信号配線62、63上を含む第1及び第2の基板60、61上に形成され、このコーティング層64が第1及び第2の信号配線62、63上で接合される。このため、対向面ギャップ65の間隔は、コーティング層の厚みによって決まる。

【0142】そして、隣接する信号配線ペア間には、配線間空間66が生じ、この配線間空間65には気体が封入されている。ここで、気体は、非分極性の気体であって、たとえばヘリウム、アルゴン、メタン、エタン、または少なくとも水分が除去された空気である。かかる構成によれば、コーティング層64の厚みによって、信号配線ペア間の距離を決定しているので、そのコントロールが容易である。コーティング層64としては、 $\tan \delta$ が小さい材料を採択することが望ましい。

【0143】また、第1の実施形態において開示したその他の構成が、本実施形態についても同様に適用することができることは言うまでもない。その代表的なものを挙げれば、たとえば、表皮効果による抵抗増大を最小にするための構成として、第1及び第2の信号配線62、63の表面の凹凸を表皮厚みより小さくする点である。

【0144】隣接する信号配線ペア間の隣接干渉を無くするための構成として、第1及び第2の信号配線62、63の間隔を $t$ 、第1及び第2の信号配線の幅を $a$ 、隣接する信号配線ペアの間の間隔を $b$ とすると、 $b/(a+t) > 2$ なる関係が成り立つように配置する点である。

【0145】次に、本実施形態の配線基板の製造方法について説明する。第1の実施形態において図4を用いて説明した製造方法と同様にして、第1及び第2の信号配線62、63を形成した後、対向ペア線路の間隔、すなわち対向面ギャップ65の間隔を $1\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ に制御するための手法で、パリレンなどの蒸着しやすい樹脂を蒸着し接合する。接合の作業は、メタンやエタンガスなどの分極のない気体中で行う。そこで、配線間空間66が開くことになるが、コーティング層64の $\tan \delta$ が小さければ原理的な問題はない。

【0146】この手法の発展として、蒸着樹脂を硬化してコーティング層64とした後、第1の実施形態において図4を用いて説明した手法を取ることができる。

【0147】すなわち、コーティング層64上にさらに樹脂を塗布し、加圧により基板間の接合を行う。その加圧条件を整えれば、対向面ギャップ65には、ほとんど塗布樹脂の痕跡が残らないで、実質的にコーティング層64の厚みによって、対向面ギャップ65の間隔を正確に制御することができることも特許の範囲である。

【0148】また、パリレン蒸着以外の方法として希釈な有機スペーサーを溶かした溶液中に浸漬し、これを乾燥重合するという方法、スピコートする方法なども考えられる。

【0149】その他の製法として、上記の製造方法の変形であるが、ポリイミドやポリエステルのフィルムに銅箔を接着し、第1の実施形態において図4を用いて説明した方法で銅をパターンニングし、TABのような構造を作る。対向パターンフィルムを対向して貼り合わせる際に、薄くコーティングし重合した樹脂をスペーサーにして接着樹脂を介して接着樹脂が銅配線スペーサー部からすべて逃げるように曲率の大きなローラーで接合していくという方法も有効な製法である。この場合はリール・ツー・リールのプロセスが採用できる。

【0150】次に、第5の実施形態について、図8を参照しながら説明する。第1～第4の実施形態で説明した配線基板をユニットとして、多層配線を有した配線基板を構成したものである。当然、各層の配線はスタック・ペア線路の構造を成している。

【0151】図8は、3層配線構造の配線基板の一例を示している。第1、第2、第3の基板70、71、72は、絶縁層73、74を介して接合されている。第1及び第2の基板70、71の間には、第1層の信号配線ペアとして、信号配線75、76が形成されており、第2、第3の基板71、72の間には第2層の信号配線ペアとして、信号配線77、78が形成され、第3の基板72上には最上層の配線として、接続パッド79が形成されている。信号配線75、76及び信号配線77、78は、平行な信号配線ペアを成している。

【0152】各層の信号配線ペア間の接続は、各基板を貫通して形成された埋め込みビア、あるいは各基板及び各層の絶縁層を貫通して形成された埋め込みビアを介してなされる。たとえば、第1層の信号配線75、76と第2層の信号配線77、78との接続は、埋め込みビア80を介してなされる。

【0153】埋め込みビア部には必ずビアランド81がある。ビアランド81は、配線から導出され、ビアランド81は信号配線に比して幅広であり、その内部で埋め込みビア80が形成されているものとする。

【0154】図9は、各層の信号配線間を埋め込みビアを介して接続した構造を示す概略斜視図である。76は

第1層の信号配線であり、77は第2層の信号配線である。これらの信号配線は基板71（不図示）によって分離されているが、それぞれの配線から導出されたビアランド81上に埋め込みビア80を形成することによって接続がなされる。

【0155】第1層の信号配線75、76と第3層の接続パッド79との接続、第2層の信号配線77、78と第3層の接続パッド79との接続も同様になされる。そして、接続パッド79を介して集積回路チップが配線基板上に搭載される。

【0156】ここで、基板70、71、72は厚いとビアホール形成が困難であるばかりでなく、ビアの高さによる高周波伝送乱れの原因となるため、基板70、71、72の厚みは望むらくは10 $\mu$ m程度のものが望ましい。このように薄いものは剛性が強いものでなければならぬため、3次元ネットワークの密な樹脂が望ましいが、ガラス板も候補に上がる。

【0157】ガラス板は薄ければフレキシブルで割れることはない。コンピュータボードであれば、対向面を1セットとして、4層から6層に積層し、全体として100 $\mu$ mの厚みとなろう。その時のシリコンLSIチップは50 $\mu$ m以下の厚みのものが実装されよう。これも特許の範囲に入る構成である。

【0158】なお、第1～第4の実施形態において開示したその他の構成が、本実施形態の各層の配線構造についても同様に適用することができることは言うまでもない。その代表的なものを挙げれば、たとえば、表皮効果による抵抗増大を最小にするための構成として、第1層の信号配線75、76、第2層の信号配線77、78の表面の凹凸を表皮厚みより小さくする点である。

【0159】隣接する信号配線ペア間の隣接干渉を無くすための構成として、たとえば、信号配線75、76の間隔をt、第1及び第2の信号配線の幅をa、隣接する信号配線ペアの間の間隔をbとすると、 $b/(a+t) > 2$  なる関係が成り立つように配置する点である。

【0160】絶縁層73、74として適した材料は、分極基のほとんど無い樹脂であり、たとえばエポキシ、ビスマレイドトリアジン、ポリイミド、フッ素系樹脂（たとえば、フローレン）、ベンゾサイクロブチン（BCB）などがある。

【0161】本実施形態の製造方法については、第1～第4の実施形態において説明したものを適用できるが、補足をすれば、上記のような対向ペア基板を単位として、多層の積層構造を従来のプリプレグで行い、ビアホールを穿った後に、めっきなどで導通を図り、図8の構造を完成させることである。

【0162】次に、上述のスタックト・ペア線路と集積回路チップ（ICチップ）を搭載した配線基板を説明する。この種の配線基板には、第1～第5の実施形態において開示した配線基板の構造、その製造方法のすべての

内容が適用できるものである。図10は、かかる配線基板の第1例を示す概念図である。

【0163】図10において、90は配線基板、91は配線基板90に形成された等長平行配線された信号配線92、93からなる信号配線ペアである。また、94は、配線基板90に形成された正の電源電圧VDDを入力するための電源電圧入力端子、95は、配線基板に形成された接地電圧VSSを入力するための接地電圧入力端子である。

10 【0164】また、96は配線基板90に形成された等長平行配線からなる電源配線97及び接地配線98からなる電源・接地配線ペアであり、この電源・接地配線ペア96は、その特性インピーダンスを信号配線ペアの特性インピーダンスと同一とされている。

【0165】また、99は配線基板90に搭載された集積回路チップ（たとえば、CPUチップ）であり、この集積回路チップ99は、その電源電圧入力端子99Aを電源配線97に接続され、その接地電圧入力端子99Bを接地配線98に接続され、その信号出力端子99C、99Dをそれぞれ信号配線92、93の一端に接続されている。

【0166】また、集積回路チップ99において、100は内部回路（図示せず）から与えられる送信デジタル信号TSを相補送信デジタル信号CS、/CSに相補信号化し、これら相補送信デジタル信号CS、/CSを信号出力端子99C、99Dを介して信号配線92、93に出力する差動ドライバである。また、差動ドライバ100において、101は非反転のドライバ（ノンインバータ）、102はインバータである。

30 【0167】また、103は配線配線基板90に搭載された集積回路チップで（たとえば、メインメモリ・チップ）あり、集積回路チップ103は、その信号入力端子103A、103Bをそれぞれ信号配線92、93の他端に接続されている。

【0168】また、集積回路チップ103において、104は信号配線92、93を伝送されてくる相補送信デジタル信号CS、/CSを受信して送信デジタル信号TSに対応する受信デジタル信号RSを内部回路（図示せず）に対して出力する差動レシーバである。

40 【0169】すなわち、上記の配線基板は、信号配線ペア91、電源・接地配線ペア96などを有する配線基板に、さらに集積回路チップ99、103などを搭載して電子装置、もしくはデジタルシステムを構成したものである。

【0170】ここで、信号配線ペア91、電源・接地配線ペア96は、第1～第4の実施形態によって開示された、2枚の基板間に絶縁物を介して対向配置されたスタックト・ペア線路によって構成することができる。

【0171】また、信号配線ペア91、電源・接地配線ペア96が多数ある場合、第5の実施形態によって開示



された多層配線基板とすることにより、配線の高密度化が可能であり、集積回路チップ99、103をこの多層配線基板に実装することができる。こうして、本発明の配線基板によれば、集積回路チップ99、103の間において、GHz帯のデジタル信号の送信・受信が可能になる。

【0172】図11は、スタックト・ペア線路と集積回路チップを搭載した配線基板の第2例を示す概念図である。この種の配線基板には、第1～第5の実施形態において開示した配線基板の構造、その製造方法のすべての内容が適用できるものである。

【0173】図11において、110は配線基板、111は等長平行配線された信号配線112、113からなる信号配線ペアである。また、114はそれにインピーダンス整合した終端回路である終端抵抗である。115は、カレントスイッチ型の差動ドライバである。すなわち、この配線基板は、信号配線ペア111、終端抵抗114などを有する配線基板に、差動ドライバ115などを有する集積回路チップが搭載されて電子装置、もしくはデジタルシステムが構成されたものである。

【0174】ここで、信号配線ペア111は、第1～第4の実施形態によって開示された、2枚の基板間に絶縁物を介して対向されたスタックト・ペア線路によって構成することができる。

【0175】また、信号配線ペア111が多数ある場合、第5の実施形態によって開示された多層配線基板とすることにより、配線の高密度化が可能であり、差動ドライバ115などを多層配線基板に実装することができる。こうして、本発明の配線基板によれば、差動ドライバ115によってデジタル信号を信号配線ペア111に供給し、GHz帯のデジタル信号の送信が可能になる。

【0176】以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その発明の要旨を逸脱しない範囲で変更可能であることは言うまでもない。

【0177】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0178】本発明の配線基板によれば、第1の基板の一主面上に形成された1以上の第1の信号配線と、第2の基板の一主面上に形成された1以上の第2の信号配線と、前記第1の基板の一主面と前記第2の基板の一主面との間に介在された絶縁物を有し、前記第1及び第2の信号配線とを互に対向して平行に配置することにより信号配線ペアを成すことで、高周波信号を減衰させることなく高速に伝送することができる。

【0179】特に、第1及び第2の信号配線の対向面の

凹凸の程度は、信号配線ペア上に高周波信号が供給された状態で発生する表皮効果による表皮厚みより小さくすることにより、表皮効果による抵抗増大を最小にすることができる。

【0180】また、上記の絶縁物をtan $\delta$ の小さい材料に特定することにより、誘電損失による配線間リークを極力小さくすることができる。

【0181】また、信号配線ペアが互いに隣接して形成されている場合において、物理的な寸法を特定することにより、隣接する信号配線ペア間の隣接干渉をほとんど無くすることができ、電磁気エネルギーの損失のない良好な信号配線を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。

【図2】信号配線の対向面の表面の凹凸と表皮厚みとの関係を説明するための概略断面図である。

【図3】2対の信号配線ペア25、26の構成を示す概略断面図である。

【図4】第1の実施形態に係る配線基板の製造方法を示す概略断面図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。

【図7】本発明の第4の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。

【図8】本発明の第5の実施形態に係る配線基板の概略断面図である。

【図9】各層の信号配線間を埋め込みビアを介して接続した構造を示す概略斜視図である。

【図10】スタックト・ペア線路と集積回路チップ（ICチップ）を搭載した配線基板の第1例を示す概略図である。

【図11】スタックト・ペア線路と集積回路チップ（ICチップ）を搭載した配線基板の第2例を示す概略図である。

【図12】従来例に係る集積回路チップが搭載された配線基板の概略図である。

【図13】信号配線において生じる表皮効果を説明するための概略図である。

【図14】信号配線ペアにおいて生じる表皮効果を説明するための概略図である。

【図15】マイクロストリップ線において生じる表皮効果を説明するための概略図である。

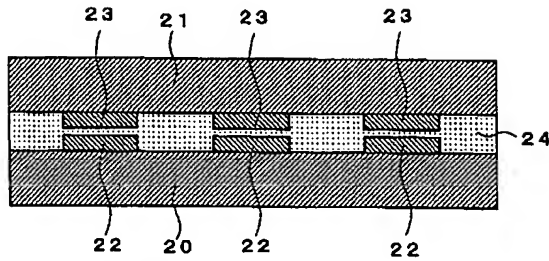
【符号の説明】

- |    |         |
|----|---------|
| 20 | 第1の基板   |
| 21 | 第2の基板   |
| 22 | 第1の信号配線 |
| 23 | 第2の信号配線 |

24 絶縁物  
25、26 信号配線ペア  
30 基板  
31 銅箔  
32 銅張り積層板  
33 フォトレジスト

\* 34 信号配線  
35 樹脂  
36 信号配線  
37 基板  
38 樹脂  
\*

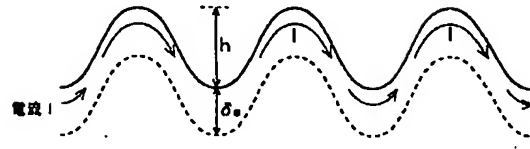
【図1】



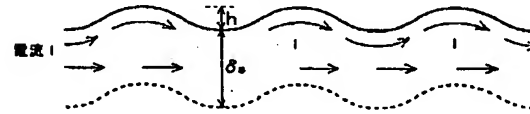
20: 第1の基板      21: 第2の基板  
22: 第1の信号配線      23: 第2の信号配線  
24: 絶縁物

【図2】

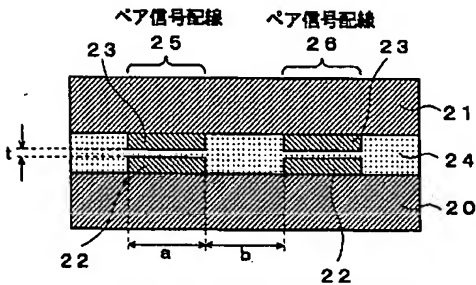
(a) 凹凸の差  $h >$  表皮厚さ  $\delta_s$



(b) 凹凸の差  $h <$  表皮厚さ  $\delta_s$

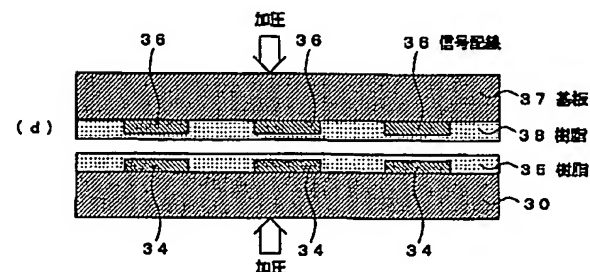
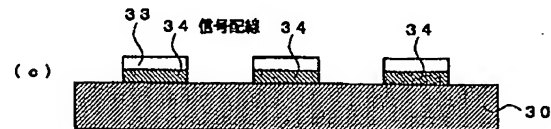
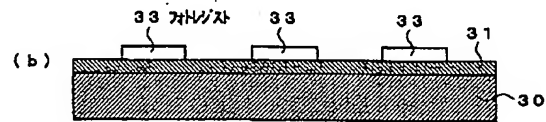
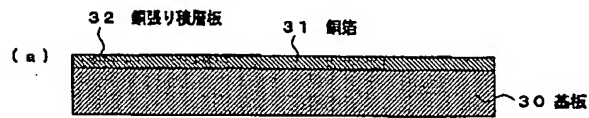


【図3】

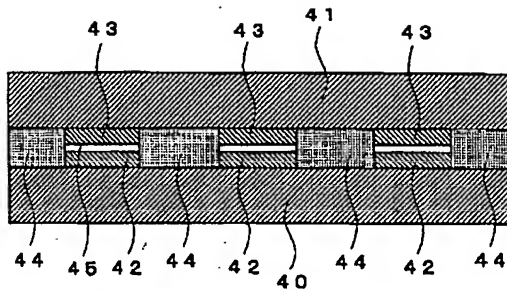


$$b/(a+t) > 2$$

【図4】

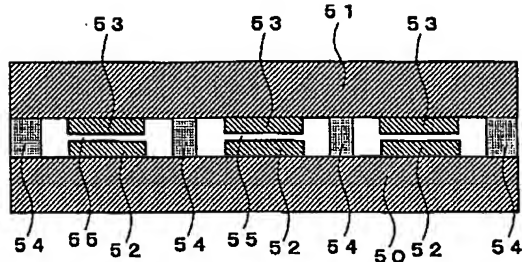


【図5】



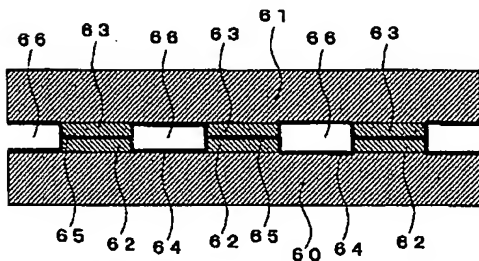
- 40: 第1の基板      41: 第2の基板  
 42: 第1の信号配線      43: 第2の信号配線  
 44: 絶縁物      45: 対向面ギャップ

【図6】



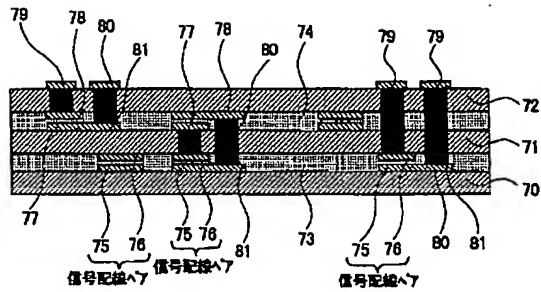
- 50: 第1の基板      51: 第2の基板  
 52: 第1の信号配線      53: 第2の信号配線  
 54: 絶縁物      55: 対向面ギャップ

【図7】



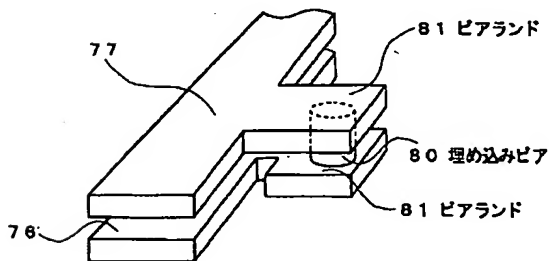
- 60: 第1の基板      61: 第2の基板  
 62: 第1の信号配線      63: 第2の信号配線  
 64: コーティング層      65: 対向面ギャップ      66: 配線間空間

【図8】

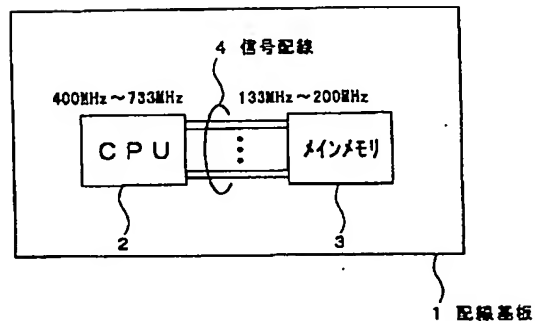


- 70, 71, 72: 基板      73, 74: 絶縁層  
 75, 76: 第1層の信号配線      77, 78: 第2層の信号配線  
 79: 接続パッド      80: 埋め込みビア      81: ピアランド

【図9】



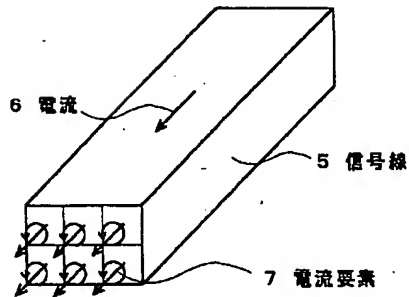
【図12】



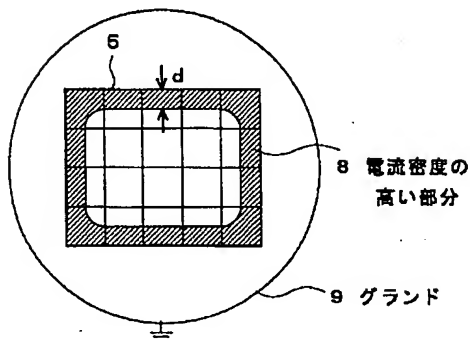


【図13】

(a)

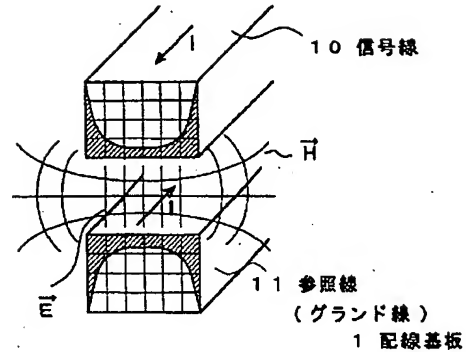


(b)

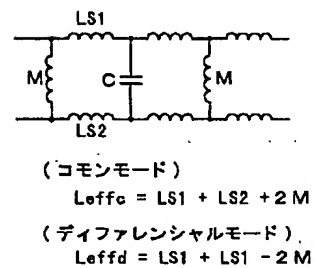


【図14】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01L 23/12

識別記号  
301

FI  
H01L 23/12

テマコード(参考)  
Q

(71)出願人 000000295  
沖電気工業株式会社  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(71)出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号

(71)出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71)出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(71)出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71)出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(71)出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72)発明者 大塚 寛治

東京都東大和市湖畔2-1074-38

(72)発明者 宇佐美 保

東京都国分寺市西町2-38-4

Fターム(参考) 5E346 AA43 BB01 BB06 BB11 BB15

CC08 CC09 CC10 CC14 FF45

GG08 GG28 HH02 HH03 HH06

HH07 HH08 HH31